

**女川原子力発電所2号炉
原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲拡大に伴う
設計上の考慮について
(審査会合での指摘事項に対する回答)**

**平成30年5月31日
東北電力株式会社**

1. 審査会合(第565回)における指摘事項への回答

【審査会合における指摘事項①】

拡大対象配管が、クラス1機器と同様、建設時に工事計画認可以降の溶接検査等の必要な確認がなされていることについて、とりまとめ資料に整理して提示すること。

【審査会合における指摘事項②】

拡大対象機器について、クラス1機器に要求される項目に対し、建設時以降に講じている措置の詳細を整理して提示すること。



【指摘事項①, ②への回答】

拡大対象機器について、原子炉冷却材圧力バウンダリ(クラス1機器)としての溶接検査も含めた建設時の要求事項と、それに対する女川2号炉の対応状況について整理した。表1に「配管・弁に対する要求事項と対応状況」を、表2に「プロセス配管に対する要求事項と対応状況」を示す。

1. 審査会合(第565回)における指摘事項への回答

表1 配管・弁に対する要求事項と対応状況

	クラス1機器(配管・弁)に対する要求事項	女川2号炉における原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の対応状況(建設時又は改造工事)
材 料	「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則」及び「その解釈」で規定されている ^{※1} , クラス 1 配管・弁に適用可能な材料を使用すること。	「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則」及び「その解釈」で規定されている ^{※1} , クラス 1 配管・弁に適用可能な材料を使用している。
材料への非破壊検査	【配管】 UT及びMT又はPT 【弁】 RT又はUT及びMT又はPT	【配管】 UT及びPTを実施している。 【弁】 RT及びMTを実施している。
耐圧検査	最高使用圧力の 1.25 倍の圧力で実施すること。	最高使用圧力の 1.25 倍の圧力で実施。
溶接部への非破壊検査	RT及びMT又はPT	RT及びMT ^{※2} 又はRT及びPT ^{※3} を実施。


 : 建設時の要求事項
 : 対応状況


記号説明 UT:超音波探傷試験, RT:放射線透過試験, MT:磁粉探傷試験, PT:浸透探傷試験
 ※1「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和55年通商産業省告示501号)」又は「JSME S NC1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格2005(2007)」による。
 ※2「残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン/吸込ライン」及び「残留熱除去系ヘッドスプレイラインの改造工事範囲」についてはRT及びMTを実施している。
 ※3「残留熱除去系ヘッドスプレイラインの建設時施工範囲」についてはRT及びPTを実施している。

1. 審査会合(第565回)における指摘事項への回答

表2 プロセス配管に対する要求事項と対応状況

	クラスMC容器に対する 要求事項(建設時)	クラス1配管に対する 要求事項	女川2号炉における プロセス配管の状況
材 料	告示 501 号で規定されている第2種容器(現クラスMC容器)に適用可能な材料を使用すること。	「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則」及び「その解釈」で規定されている※ ¹ , クラス 1 配管・弁に適用可能な材料を使用すること。	「実用発電用原子炉及びその付属施設の技術基準に関する規則」及び「その解釈」で規定されている※ ¹ , クラスMC容器及びクラス1配管双方に適用可能な材料を使用している。
材料への 非破壊検査	要求なし。	UT及びMT又はPT	製造メーカーにおいて自主的にUT, MT及びPTを実施している。
耐圧検査	最高使用圧力の 1.35 倍の圧力で実施すること。	最高使用圧力の 1.25 倍の圧力で実施すること。	最高使用圧力の 1.35 倍の圧力で実施。
溶接部への 非破壊検査	RT又はUT	RT及びMT又はPT	プロセス配管は鍛造品であり耐圧部に溶接部は存在しない※ ² 。

 : 建設時の要求事項

 : 対応状況

記号説明 UT: 超音波探傷試験, RT: 放射線透過試験, MT: 磁粉探傷試験, PT: 浸透探傷試験

※¹「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準(昭和55年通商産業省告示501号)」又は「JSME S NC1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格2005(2007)」による。

※²プロセス配管と配管・弁との耐圧部の溶接部は建設時にクラス1配管の溶接部として扱っており、非破壊検査もクラス1配管と同様に実施している(「残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン/吸込ライン」についてはRT及びMTを、「残留熱除去系ヘッドスプレイライン」についてはRT及びPTを実施)。

以下，参考資料

女川原子力発電所2号炉 原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲拡大に伴う 設計上の考慮について

平成30年4月17日
東北電力株式会社

目次

1. 原子炉冷却材圧力バウンダリ(17条)に係る要求事項
2. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の抽出
3. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の仕様
4. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の保全方法
5. 原子炉格納容器貫通部の扱い
6. まとめ

1. 原子炉冷却材圧力バウンダリ(17条)に係る要求事項(1/2)

設置許可基準規則 第17条(原子炉冷却材圧力バウンダリ)	技術基準規則 第27条(原子炉冷却材圧力バウンダリ) 第28条(原子炉冷却材圧力バウンダリの隔離装置等)	備考
<p>発電用原子炉施設には、次に掲げるところにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器(安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。)を設けなければならない。</p>	<p>—</p>	<p>変更なし (ただし、規則の解釈にて、原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲が拡大)</p>
<p>一 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に生ずる衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるものとする。</p>	<p>原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器は、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常に伴う衝撃、炉心の反応度の変化による荷重の増加その他の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器に加わる負荷に耐えるように施設しなければならない。</p>	<p>変更なし</p>
<p>二 原子炉冷却材の流出を制限するため隔離装置を有するものとする。</p>	<p>原子炉冷却材圧力バウンダリには、原子炉冷却材の流出を制限するよう、隔離装置を施設しなければならない。</p>	<p>変更なし</p>
<p>三 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時に瞬間的破壊が生じないよう、十分な破壊じん性を有するものとする。</p>	<p>—</p>	<p>変更なし</p>
<p>四 原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を有するものとする。</p>	<p>2 発電用原子炉施設には、原子炉冷却材圧力バウンダリからの原子炉冷却材の漏えいを検出する装置を施設しなければならない。</p>	<p>変更なし</p>

1. 原子炉冷却材圧力バウンダリ(17条)に係る要求事項(2/2)

具体的な規則の解釈の変更点

【従来の原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲(旧技術基準の解釈)】

隔離弁が通常運転時閉, 事故時閉の場合は, 原子炉側からみて第1隔離弁を含みそこまでの範囲※

※運転時に短期間開となり事故時に開となるおそれのある配管弁については, 「内側隔離弁から外側隔離弁までの配管, 外側隔離弁が必要な耐圧機能を有すること」, 「低圧時のみ開となること」の要件を満たすこと

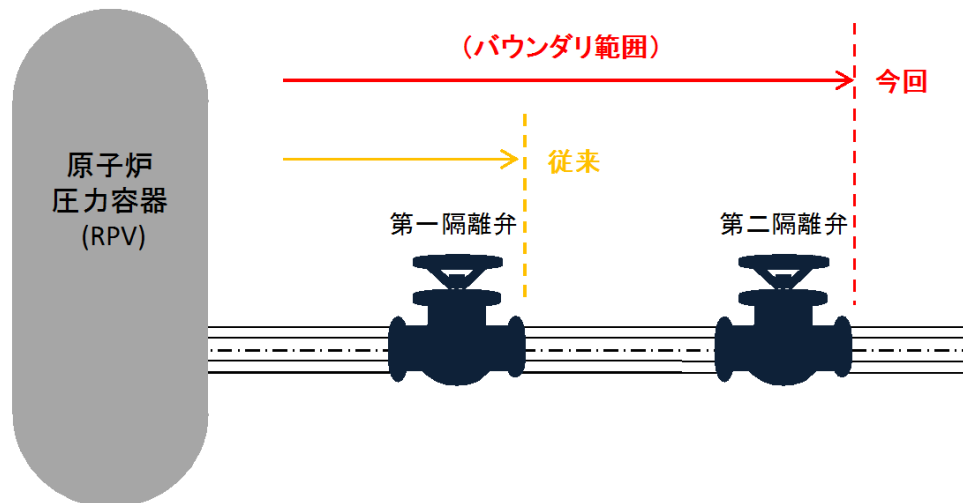


【変更後の原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲】

- 通常時又は事故時に開となるおそれがある通常時閉及び事故時閉となる弁を有する配管は, 原子炉側からみて, 第2隔離弁を含むまでの範囲
- ハ 通常時閉及び事故時閉となる弁を有する配管のうち, □以外のものは, 原子炉側からみて, 第1隔離弁を含むまでの範囲

【原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の変更 概略図】

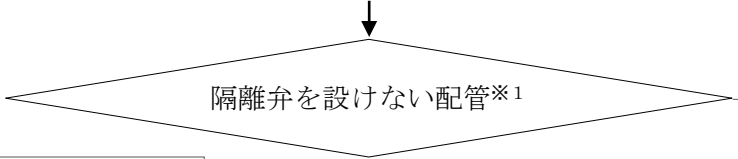
通常時閉及び事故時閉となる弁を有する配管については, 通常時又は事故時に開となるおそれがある場合, 第2隔離弁まで原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲が拡大した。



2. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の抽出(1/3)

抽出フロー

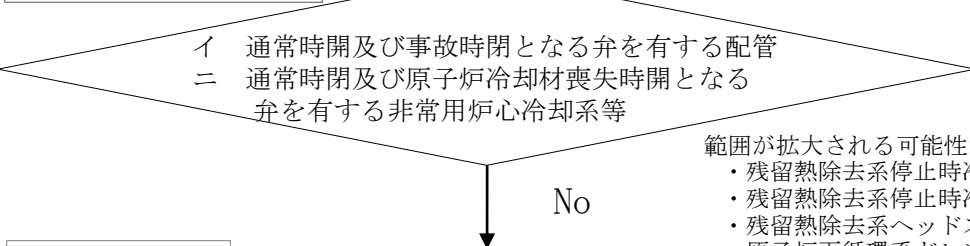
原子炉冷却材系に接続する配管系



※1 <規則の解釈第17条第3項に基づき除外される範囲>

- 原子炉の安全上重要な計測又はサンプリング等を行う配管であって、その配管を通じての漏えいが十分許容される程度に少ないもの
- 過圧防護の機能を持つ安全弁を設置するためのもの

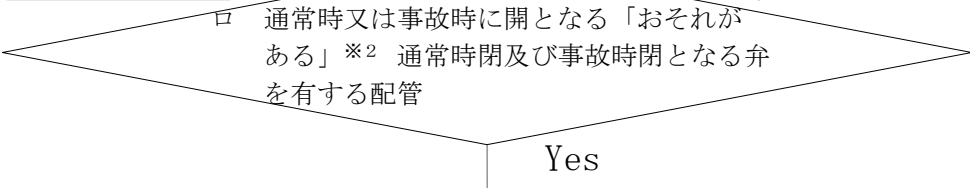
範囲が拡大される可能性
があるものの抽出



範囲が拡大される可能性のあるものの抽出結果

- 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン (A/B系)
- 残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン (A/B系)
- 残留熱除去系ヘッドスプレイライン
- 原子炉再循環系ドレンライン (A/B系)
- 原子炉圧力容器ドレンライン

拡大要否の検討



※2 弁の誤操作防止処置を講じている場合は、「おそれがある」には該当しないとする。
(弁ハンドルの施錠管理)

<div data-bbox="338 1063 685 1192" data-label="Text" style="border: 2px solid red; padding: 5px; text-align: center;"> ii) 第二隔離弁を含むまでの範囲 </div> <div data-bbox="260 1192 772 1313" data-label="Text"> <p>残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン 残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン 残留熱除去系ヘッドスプレイライン 拡大範囲</p> </div>	<div data-bbox="917 1063 1226 1170" data-label="Text" style="border: 2px solid green; padding: 5px; text-align: center;"> iii) 第一隔離弁までの範囲 </div> <div data-bbox="879 1192 1236 1263" data-label="Text"> <p>原子炉再循環系ドレンライン 原子炉圧力容器ドレンライン</p> </div>	<div data-bbox="1275 1063 1584 1163" data-label="Text" style="border: 2px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"> i) 第二隔離弁までの範囲 </div> <div data-bbox="1304 1192 1555 1235" data-label="Text"> <p>非常用炉心冷却系等</p> </div> <div data-bbox="1255 1278 1516 1313" data-label="Text"> <p>従来範囲と変更なし</p> </div>	<div data-bbox="1613 1063 1903 1163" data-label="Text" style="border: 2px dashed purple; padding: 5px; text-align: center;"> iv) 隔離弁を設けない </div> <div data-bbox="1622 1192 1893 1263" data-label="Text"> <p>計装配管等 ドレン・ベント配管等</p> </div>
--	---	---	---

本フロー図に記載のイ、ロ、ニは、それぞれ「規則の解釈」における第17条第1項第3号 接続配管のイ、ロ、ニに該当する。

2. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の抽出(2/3)

通常時又は事故時に開となるおそれがあるライン	抽出理由
残留熱除去系停止時冷却モード吸込ライン(A/B系)	第1隔離弁は、原子炉冷却材圧力が高い場合には開放しないようインターロックを設けているが、中央制御室から遠隔操作する電動弁であるため、開となるおそれがある。
残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン(A/B系)	第1隔離弁は逆止弁であり、原子炉冷却材圧力が高い場合には開放することはないが、原子炉冷却材圧力が低く、残留熱除去系ポンプが起動している場合に開となるおそれがある。
残留熱除去系ヘッドスプレイライン	第1隔離弁は逆止弁であり、原子炉冷却材圧力が高い場合には開放することはないが、原子炉冷却材圧力が低く、残留熱除去系ポンプが起動している場合に開となるおそれがある。

なお、以下のラインについては、通常時閉、事故時閉となる弁を有するが、当該弁は手動弁であり、施錠により弁ハンドルを固定し、誤操作防止処置を行う運用及び管理をしていることから、開のなるおそれがないと判断し、1個の隔離弁を設けるものとする。

【誤操作防止処置を実施している弁の設置ライン※】

- 原子炉再循環系ドレンライン(A/B系)
- 原子炉圧力容器ドレンライン

※1個の隔離弁を設置する

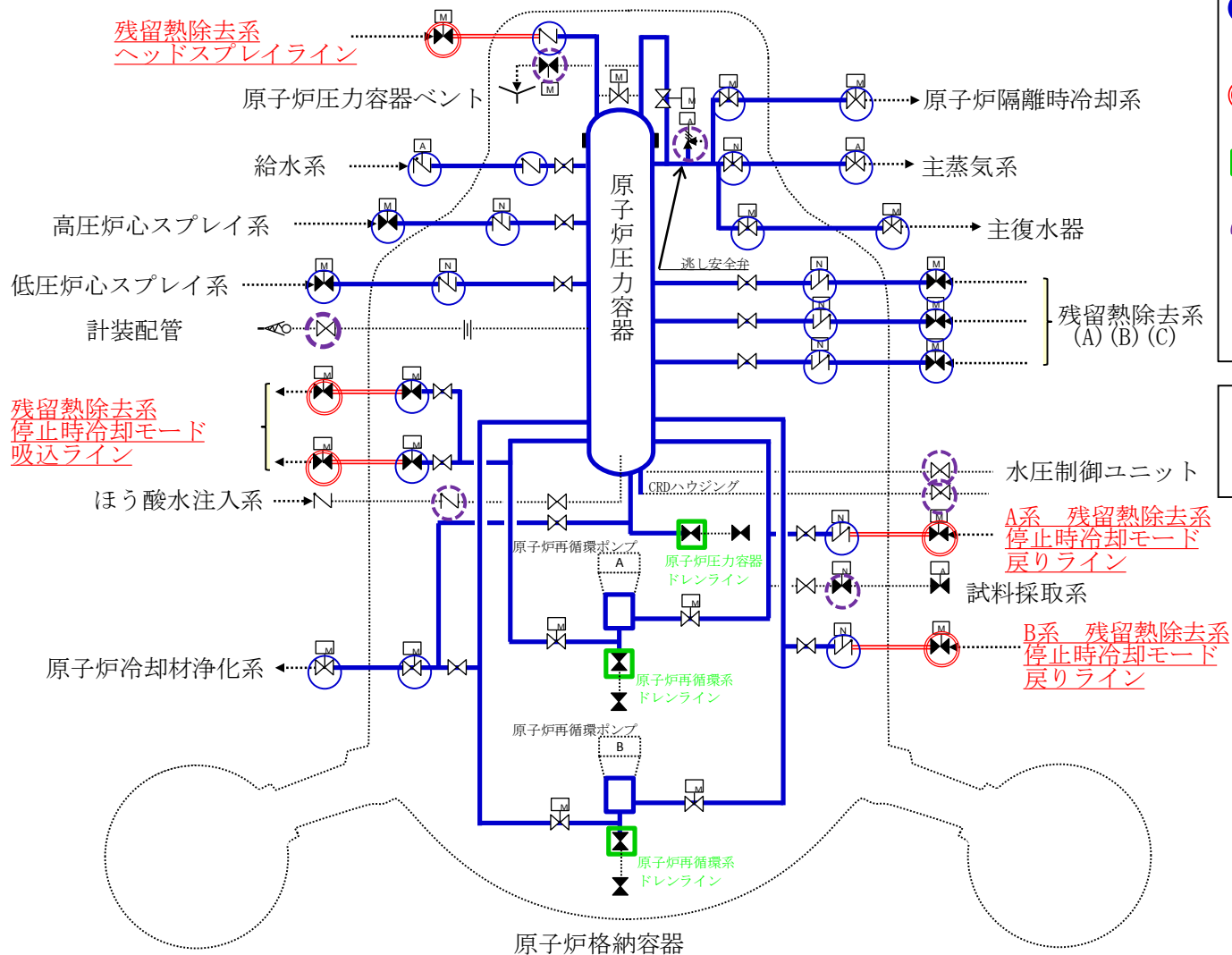
施錠例

チェーン・南京錠による施錠管理



2. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の抽出(3/3)

原子炉冷却材圧力バウンダリ概要図



- i 通常時開および事故時閉となる弁。通常時開および原子炉冷却材喪失時閉となる弁を有する非常用炉心冷却系等（第二隔離弁まで）
- ii 通常時または事故時に開となるおそれがある通常時開および事故時閉となる弁（第二隔離弁まで）
- iii 通常時閉および事故時閉となる弁を有するものうち、ii以外のもの（第一隔離弁まで）
- iv 「隔離弁」としなくても良いもの（原子炉の安全上重要な計測またはサンプリング等を行う配管であって、その配管を通じての漏えいが十分許容される程度に少ないもの、過圧防護の機能を持つ安全弁を設置するためのもの）

原子炉冷却材圧力バウンダリの範囲

- : 従来範囲
- : 新たにバウンダリとなる範囲
- : 範囲外

3. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の仕様(1/2)

○新たに原子炉冷却材圧力バウンダリとなる弁・配管については、従来より原子炉冷却材圧力バウンダリと同様の設計としており、クラス1機器として工事計画認可を受け、使用前検査にも合格している。

【原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の主な仕様(配管の例)】

残留熱除去系ヘッドスプレイラインにおける配管の仕様

	最高使用圧力	最高使用温度	外径	厚さ	材 料※1
第1隔離弁上流の配管 (従来からの範囲)	8.62MPa	302℃	114.3mm	11.1mm	STS410
第1隔離弁から 第2隔離弁までの配管	8.62MPa	302℃	114.3mm	11.1mm	STS410 (STS42)
原子炉格納容器貫通部※2	8.62MPa	302℃	114.3mm	11.1mm	SFVC2B

※1:原子炉から第二隔離弁までの配管については、改造工事を実施しているため、材料記号においてJISの旧記号(STS42)と新記号(STS410)が混在している。

※2:クラスMC容器として設計しているが、原子炉冷却材圧力バウンダリと同等の設計条件(最高使用圧力、最高使用温度)としている。

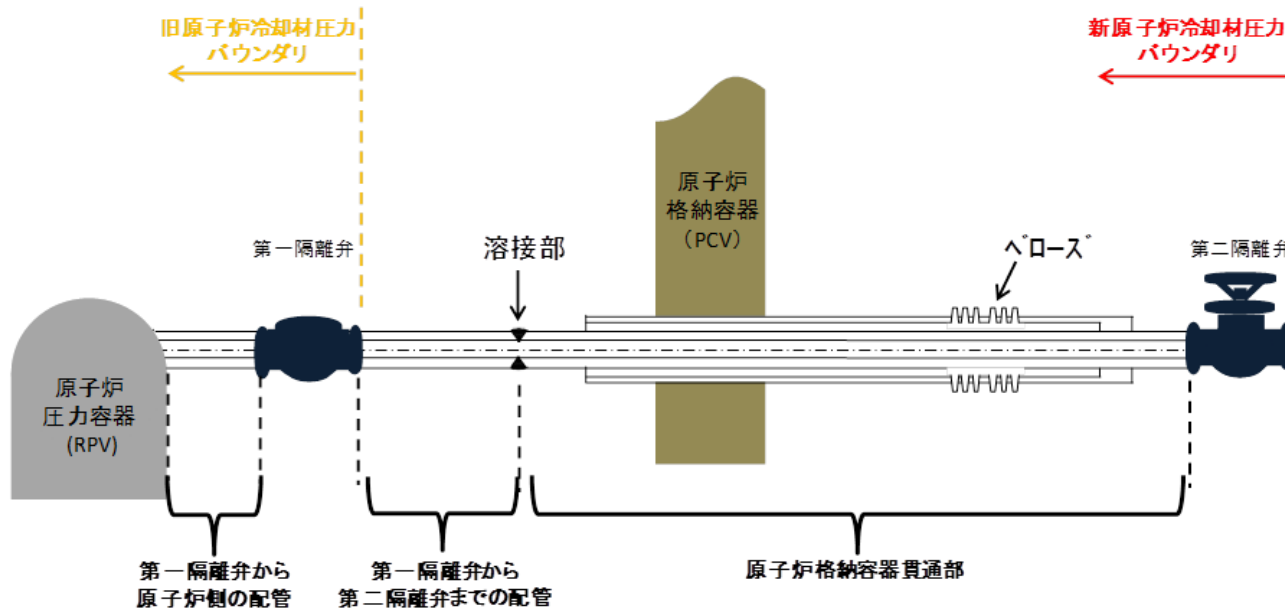
3. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の仕様(2/2)

【原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の主な仕様(弁の例)】

残留熱除去系ヘッドスプレイラインにおける弁の仕様

	最高使用圧力	最高使用温度	主要寸法(呼び径)	材 料
第一隔離弁	8.62MPa	302℃	100A	弁箱:SCPH2 弁ふた:S25C
第二隔離弁	8.62MPa	302℃	100A	弁箱:SCPH2 弁ふた:SCPH2

残留熱除去系ヘッドスプレイライン概略図



4. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の保全方法

○新たに原子炉冷却材圧力バウンダリに変更される配管・弁については、日本機械学会「発電用原子力設備規格維持規格(2008年版)JSME S NAI-2008」**クラス1機器供用期間中検査(ISI)に組み込み、検査を行っていく。**

○新たに原子炉冷却材圧力バウンダリに組み込まれた範囲については、クラス1機器としての現時点における健全性を確認するために、**今施設定期検査時に検査対象となる部位全数の検査を実施する。**

ISI項目(残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン/吸込ラインの例)

名称			建設時の検査項目 (P S I)	直近の検査項目 (クラス2機器)			今後の検査項目 (クラス1機器) *1		
				カテゴリ	試験方法	試験程度	カテゴリ	試験方法	試験程度
第一隔離弁から第二隔離弁間	主配管	主配管の溶接継手	超音波探傷試験 (全体積), (100%)	C-F	超音波探傷試験 (板厚の内面 1/3T) 及び浸透探傷試験 (100A を超える管)	7.5%/10年	B-J	超音波探傷試験 (全体積) (100A 以上の管)	25%/10年
		支持構造物	目視試験 (100%)	F-A	目視試験	代表系統の 7.5%/10年	F-A	目視試験	25%/10年
第二隔離弁	弁のボルト締付け部 (直径 50mm 以下のボルト)		目視試験 (100%)	-	-	-	B-G-2	目視試験	Gr 代表弁の 25%/10年
	弁本体の内表面 (100A を超える弁箱)		目視試験 (100%)	-	-	-	B-M-2	目視試験	Gr 代表弁の 1台/10年
全ての耐圧機器 (系の漏えい試験)			目視試験 (100%) *2	C-H	目視試験	100%/10年	B-P	目視試験	100%/定検

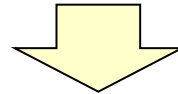
※1 : 新たに組み込まれた部位については、今施設定期検査時に検査対象となる部位全数の検査を実施する。

※2 : 建設時に、原子炉冷却材圧力バウンダリ系統圧力の 1.25 倍以上の圧力にて耐圧試験を実施。

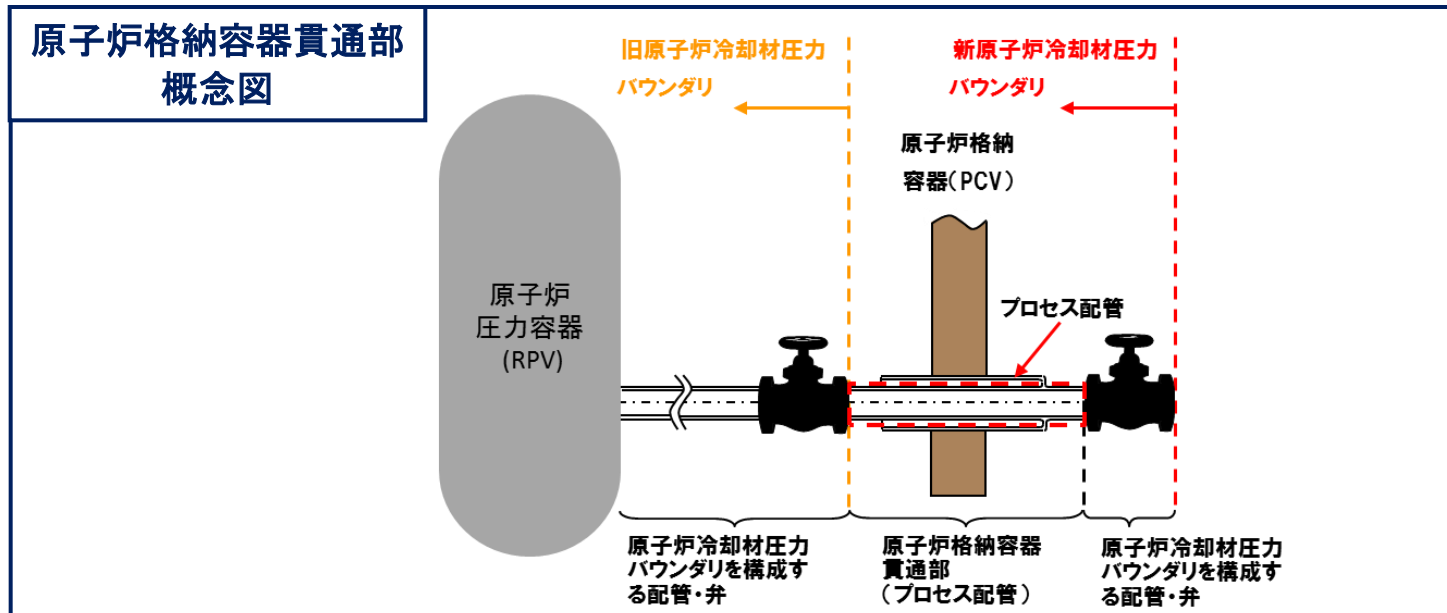
今後実施するクラス1機器ISIの項目

5. 原子炉格納容器貫通部の扱い(1/3)

- 新たに原子炉冷却材圧力バウンダリに変更される範囲には、原子炉格納容器貫通部があり、一次冷却系が直接接する配管(以下、プロセス配管)が存在する。
- 原子炉格納容器貫通部は、クラスMC容器として工事計画認可を受け、使用前検査にも合格している。



プロセス配管については、クラス1機器の性能を有することを確認したうえで、
供用期間中検査においてもクラス1機器として管理を行う。



5. 原子炉格納容器貫通部の扱い(2/3)

○プロセス配管については、原子炉圧力容器バウンダリと同一の設計条件(最高使用温度, 最高使用圧力)を満足しており, クラス1機器に適合する材料を使用している*。

○プロセス配管について、クラス1配管と同様に強度・耐震評価を実施し, クラス1配管の要求事項を満足していることを確認した。

※「3. 原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の仕様」参照

強度・耐震評価結果(残留熱除去系停止時冷却モード吸込ラインの例)

管種	項目 (単位)	最大発生応力 ^{※1}	許容値	
クラス1管	設計条件 (一次応力) (MPa)	40	187	
	供用状態C (一次応力) (MPa)	76	281	
	供用状態D (一次応力) (MPa)	109	375	
	供用状態A及びB	一次+二次応力 (MPa)	129	375
		疲労累積係数	0.0309	1.0
	供用状態C ^{※2}	一次+二次応力 (MPa)	123	375
		疲労累積係数	0.0311	1.0
	供用状態D ^{※2}	一次+二次応力 (MPa)	239	375
		疲労累積係数	0.0329	1.0

: 最大発生応力
: 許容値

※1 最大発生応力は各解析箇所での評価のうち最も厳しい節点での発生値を記載している。

※2 地震による応力を含む。

5. 原子炉格納容器貫通部の扱い(3/3)

【製造時検査】

○プロセス配管は、クラスMC容器として扱われていたため、クラス1機器で製造時に要求される非破壊試験は要求されていないが、建設時に耐圧試験を実施しており、製造メーカーにおいて自主的にクラス1機器で要求される検査を実施していることを確認している。

名 称	クラスMC容器要求検査	クラス1機器要求検査
原子炉格納容器貫通部 (プロセス配管)	—	超音波探傷試験
	—	浸透探傷試験 又は 磁粉探傷試験

【供用期間中検査の扱い】

- プロセス配管については、原子炉格納容器貫通部としてこれまでとおりクラスMC容器供用期間中検査(全体漏えい率試験, 目視試験)を実施していく。
- 新たに原子炉圧力容器バウンダリとなるプロセス配管及びその溶接部についてはクラス1機器として供用期間中検査(漏えい試験, 超音波探傷試験)を実施する。

6. まとめ

- 規則の解釈の変更に伴い、原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲が変更となったことから、新たにバウンダリとなる範囲を抽出した。
- 抽出された範囲について、仕様、設計及び強度等を確認し、クラス1機器の要求事項を満足していることを確認した。
- 今後は抽出された範囲について、原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲として扱い、クラス1機器の供用期間中検査を実施していく。